CleanControlling®

Online-Grundlagenseminar TECHNISCHE SAUBERKEIT

VDA 19.1 und VDA 19.2



Vom Konzept in die Praxis - Definition und Umgang von/mit Sauberkeitsgrenzwerten

Leander Gihr, CleanControlling GmbH

DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Inhalt

Warum Sauberkeitsanforderungen?

Die Form folgt der Funktion!

Umgang mit Ausreißern?

URSACHEN FÜR DIE ANFORDERUNGEN

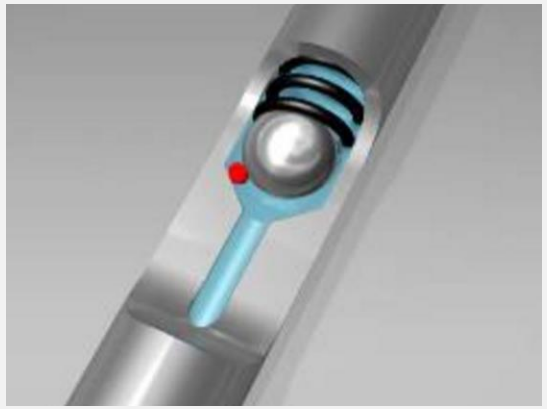
Beispiele für Schadensmechanismen

Klemmen von Lagern oder Gleitflächen



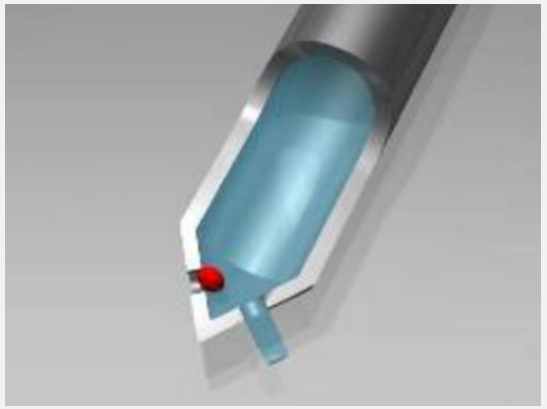
- Turbolader
- Kurbelwellenlager
- Dosierpumpen
- Zylinderlaufbahn

Blockieren von Ventilen



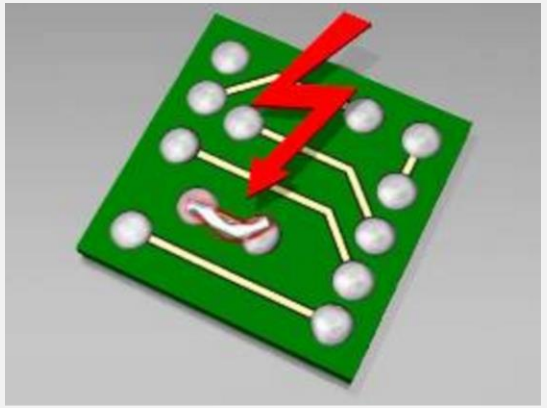
- ABS, ESP
- Hydraulik
- Bremskraftverstärker

Verstopfen von Düsen oder Filtern



- Injektoren
- Kraftstoffzuführung

Kurzschluss von Leiterbahnen



- Steuerelektronik
- PCB, Elektrik

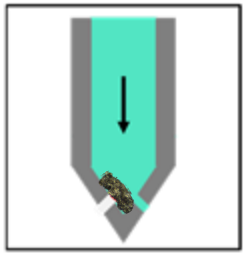
Quelle: Unternehmensverbund VDA19/1

Quelle: JOMESA Meßsysteme GmbH

DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Vom Schadenmechanismus zur Sauberkeitsanforderung

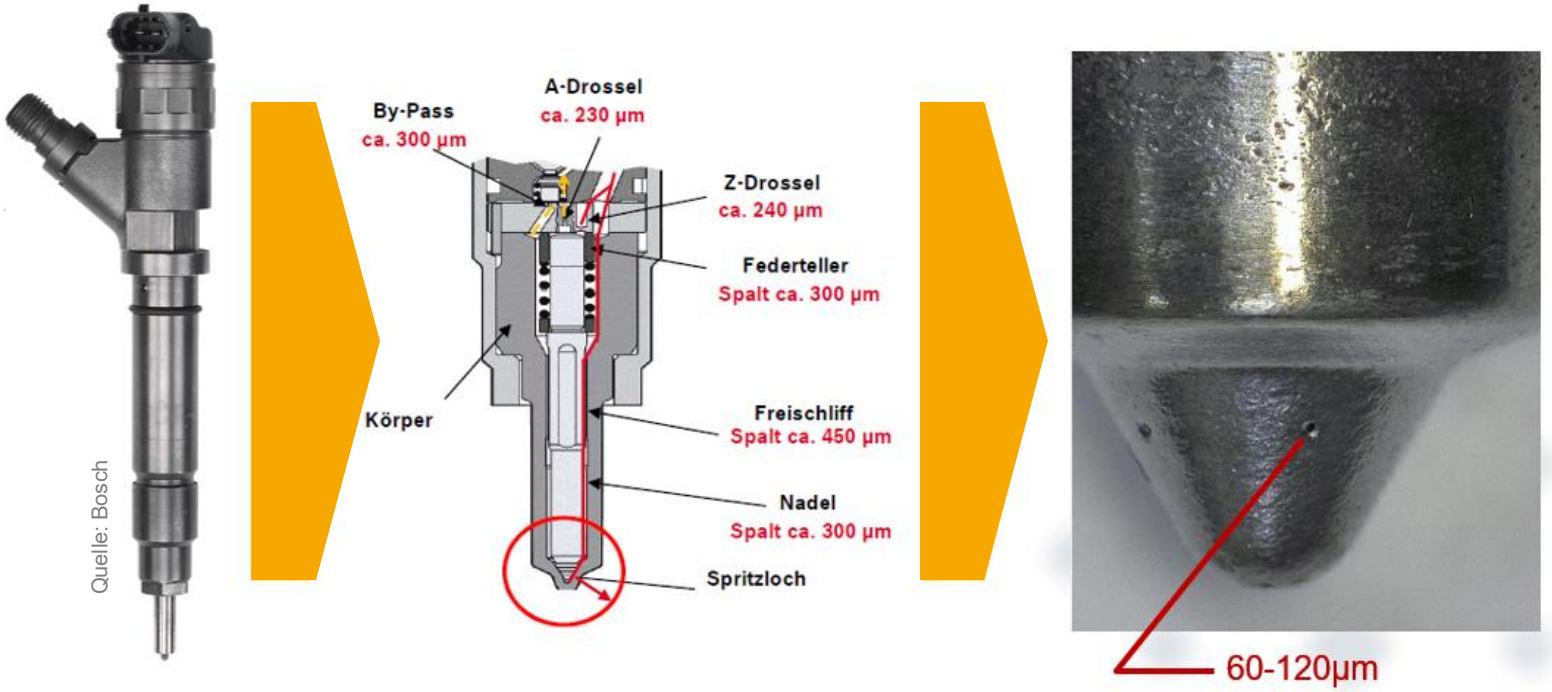
Verblocken von Düsen oder Filtern



- Kraftstoffzuführung
- Injektoren



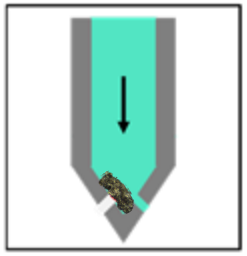
Partikel in den Einspritzbohrungen verhindern die Kraftstoffeinspritzung



DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Vom Schadenmechanismus zur Sauberkeitsanforderung

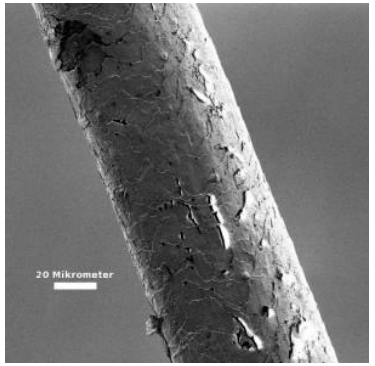
Verblocken von Düsen oder Filtern



- Kraftstoffzuführung
- Injektoren



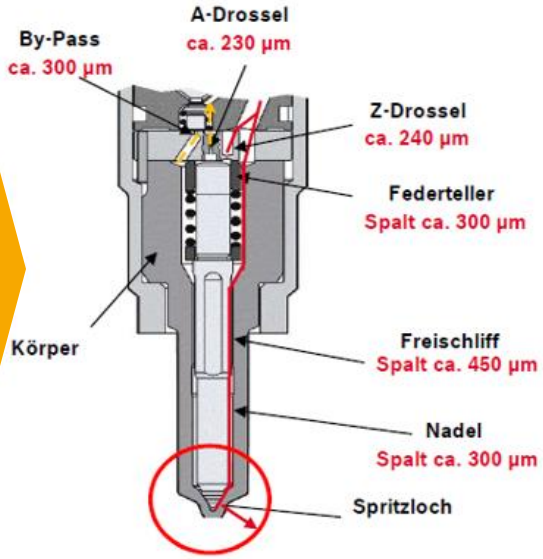
Partikel in den Einspritzbohrungen verhindern die Kraftstoffeinspritzung



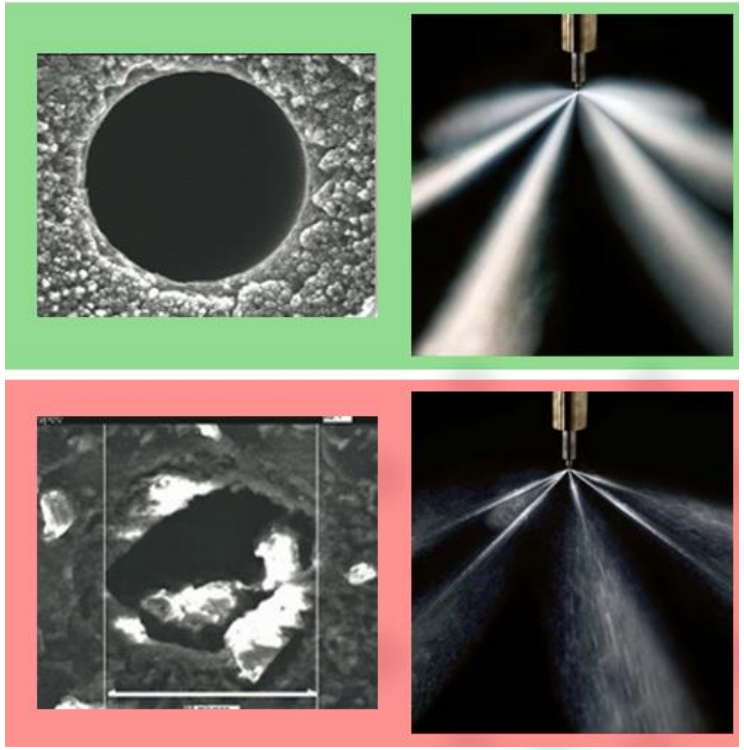
Menschliches Haar
60-120 µm



Quelle: Bosch





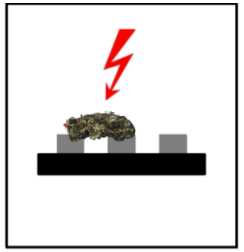


Quelle: Bosch

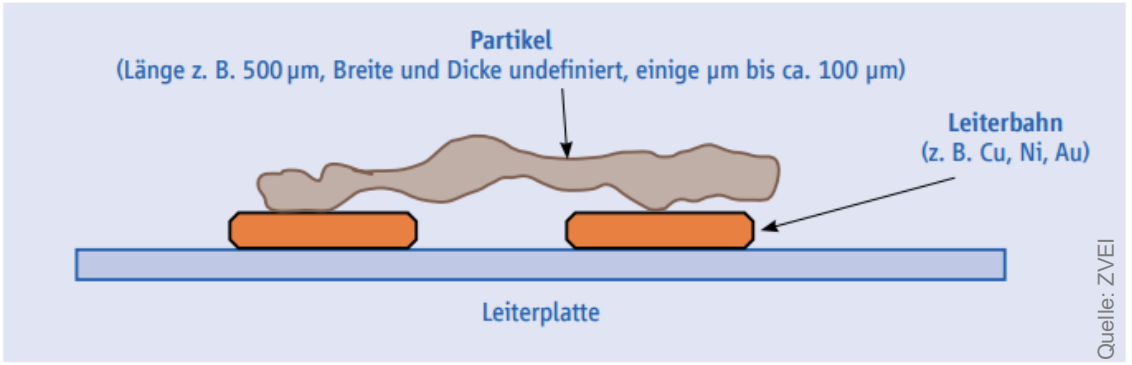
DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Vom Schadenmechanismus zur Sauberkeitsanforderung

Kurzschluss von Leiterbahnen



- Steuerelektronik



Quelle: ZVEI



Quelle: Continental

System-Montage:
Auch hier spielt die Sauberkeit eine entscheidende Rolle

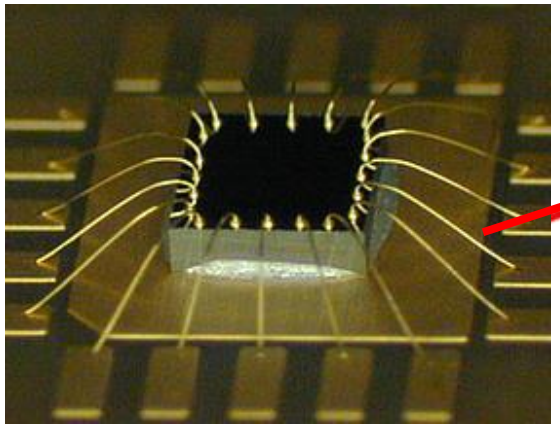


Quelle: Continental

PCBA-Herstellung:
wenige hundert Mikrometer

Im Bereich der Nano- und Mikro-Elektronik – gerade nicht lackierte PCB – spielen Kurzschlussrisiken eine entscheidende Rolle

Vermeidung:
- Schützen sensitiver Bereiche
- Design-Principles
- Pin-FMEA

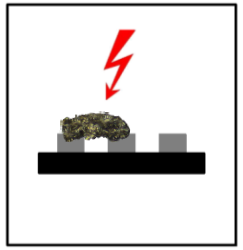


Chip-Herstellung:
Wenige 10 Nanometer große Partikel

DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

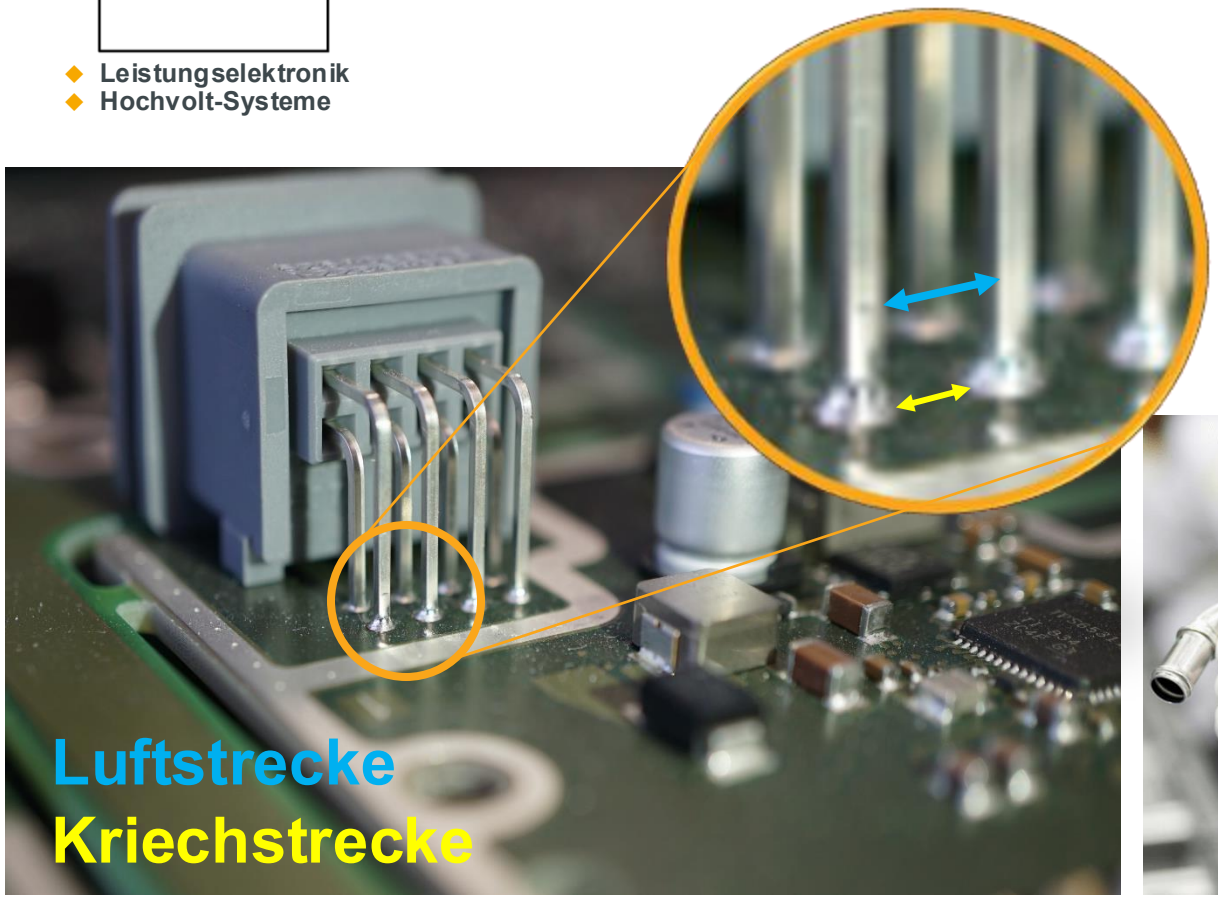
Vom Schadenmechanismus zur Sauberkeitsanforderung

Verkürzung der elektrischen Isolation



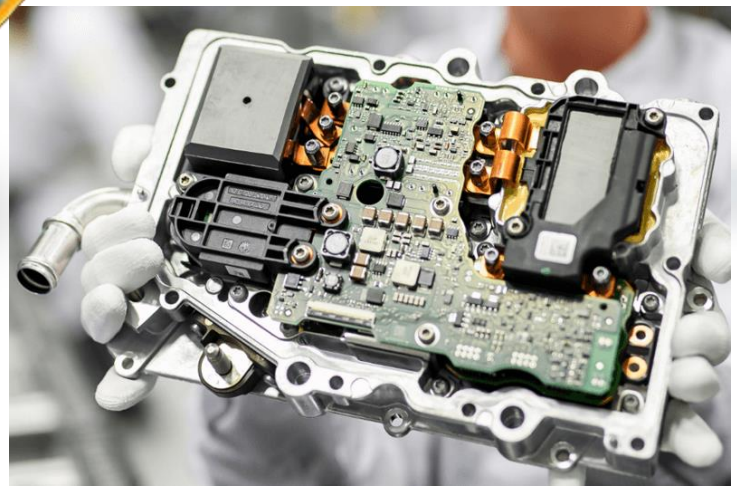
- Leistungselektronik
- Hochvolt-Systeme

Im Bereich der Hochvolt-Leistung-Elektronik (Hohe Spannungen / Hohe Ströme) spielen Luft- und Kriechstrecken eine entscheidende Rolle





Quelle: VW



Quelle: Continental

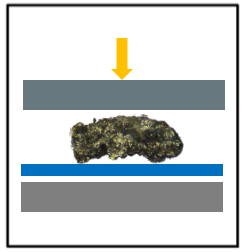


Quelle: Kostal

DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

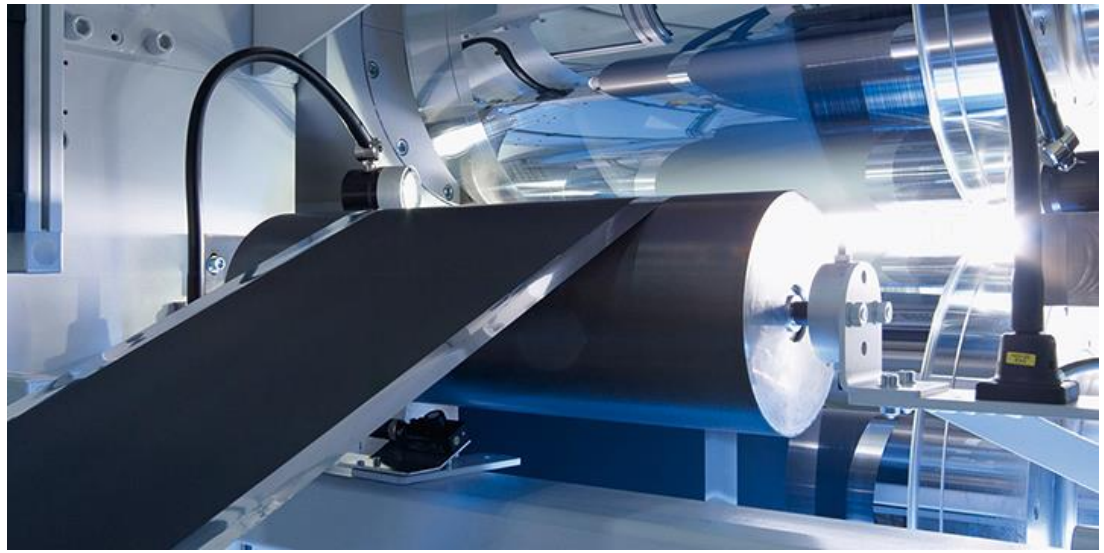
Vom Schadenmechanismus zur Sauberkeitsanforderung

Mechanische oder chemische Schädigung von Folien

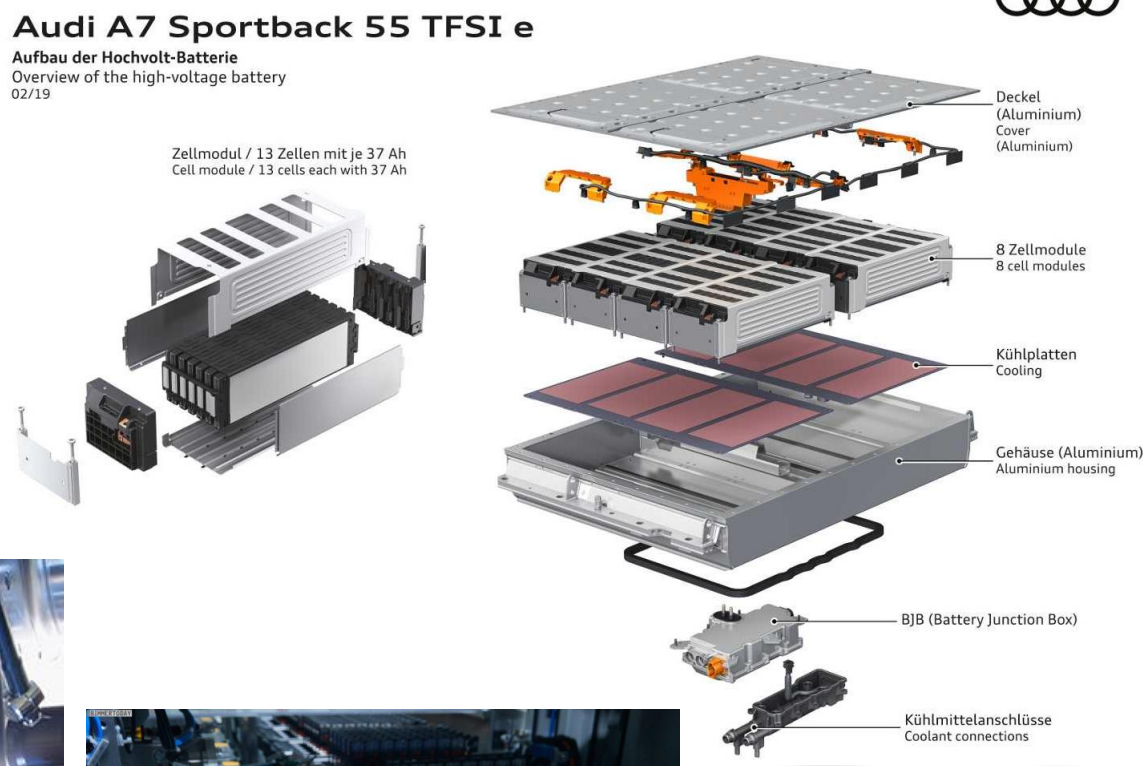


- Batterieelektroden
- Separatoren
- Isolierungsfolien

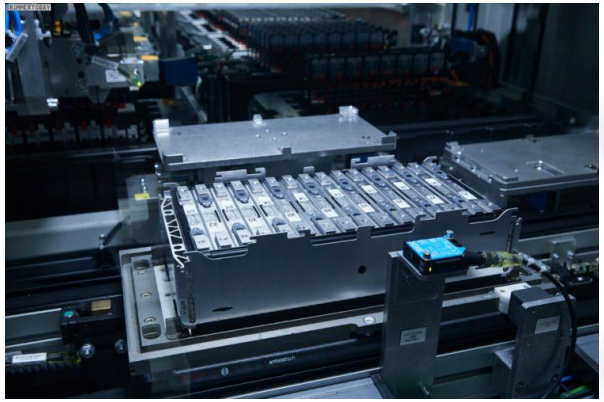




Quelle: Breyer



Quelle: AUDI



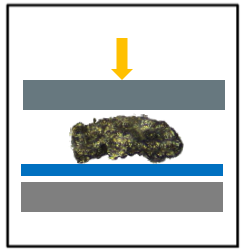
Quelle: VW

Kritische Partikelgrössen: ≥ 10µm

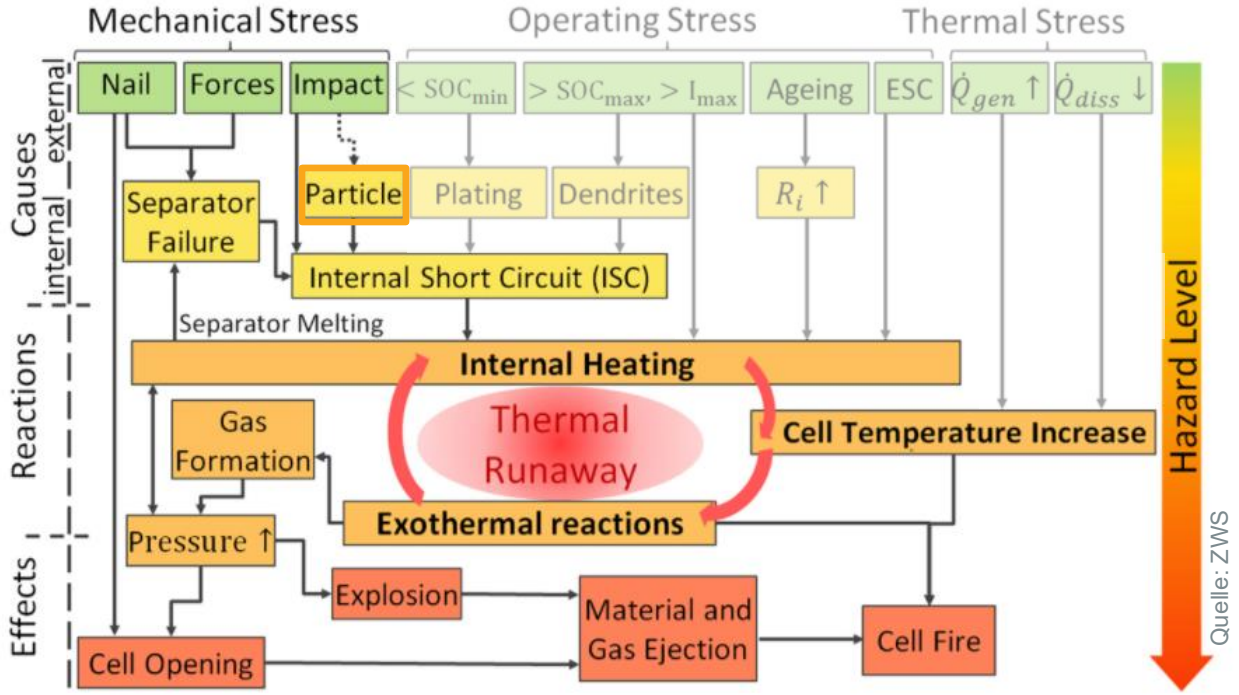
DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Vom Schadenmechanismus zur Sauberkeitsanforderung

Mechanische oder chemische Schädigung von Folien



- Batterieelektroden
- Separatoren
- Isolierungsfolien



Quelle: ZWS

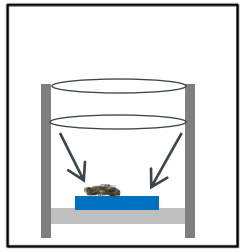


Quelle: ZWS

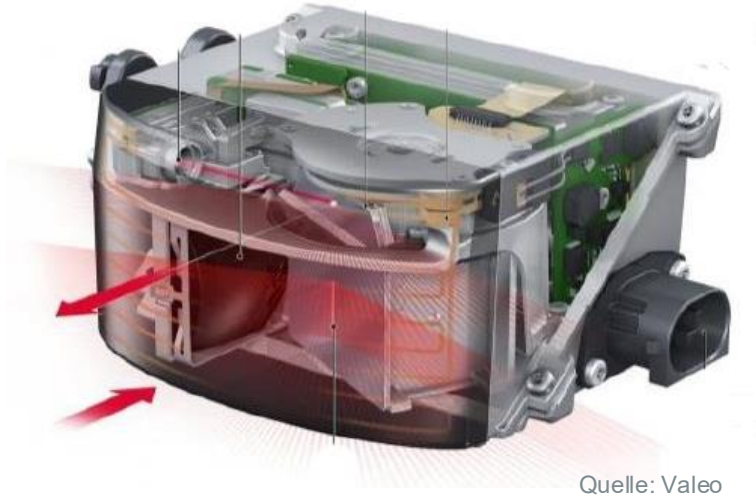
DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Vom Schadenmechanismus zur Sauberkeitsanforderungen

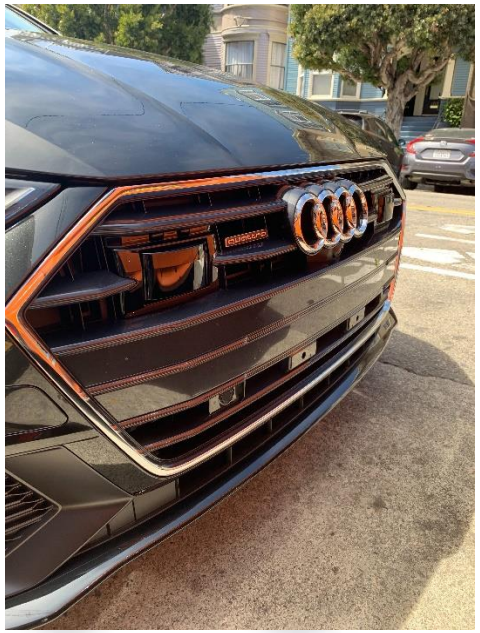
Optische Beeinträchtigung von Sensoren



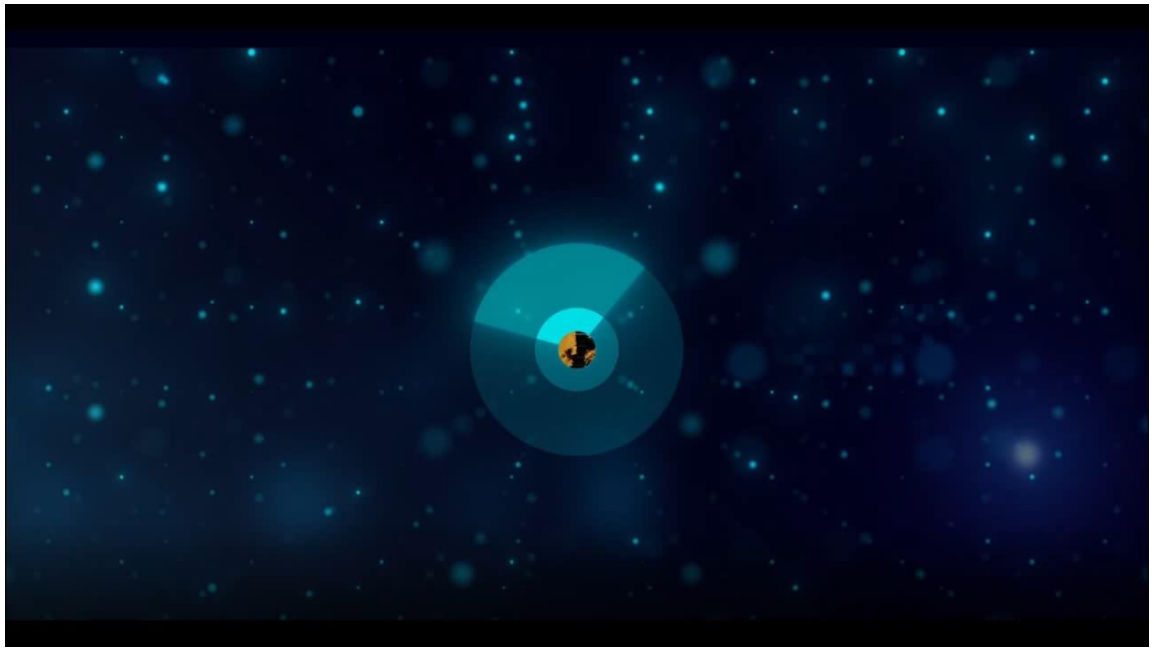
- Kamera-Systeme
- LIDAR-Sensorik
- Optische Bilderfassung



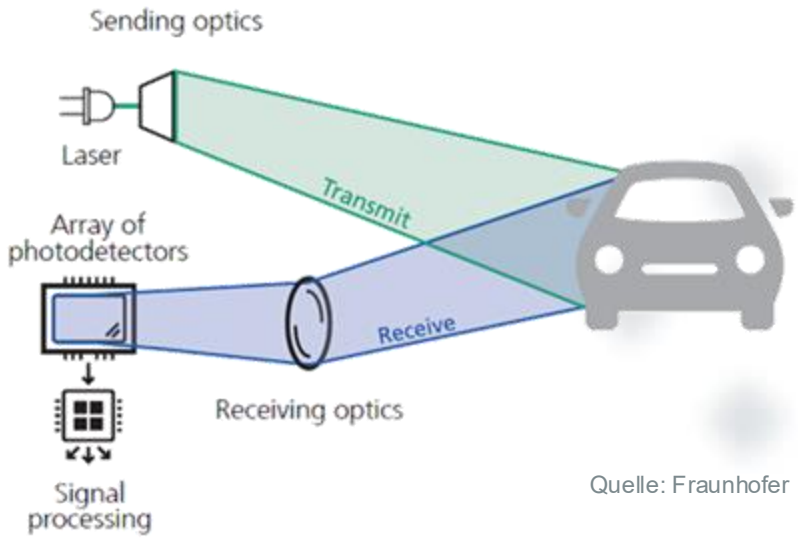
Quelle: Valeo



Quelle: AUDI



Quelle: Innoviz



Quelle: Fraunhofer

Kritische Partikelgrössen:
≥ 5µm

DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Inhalt

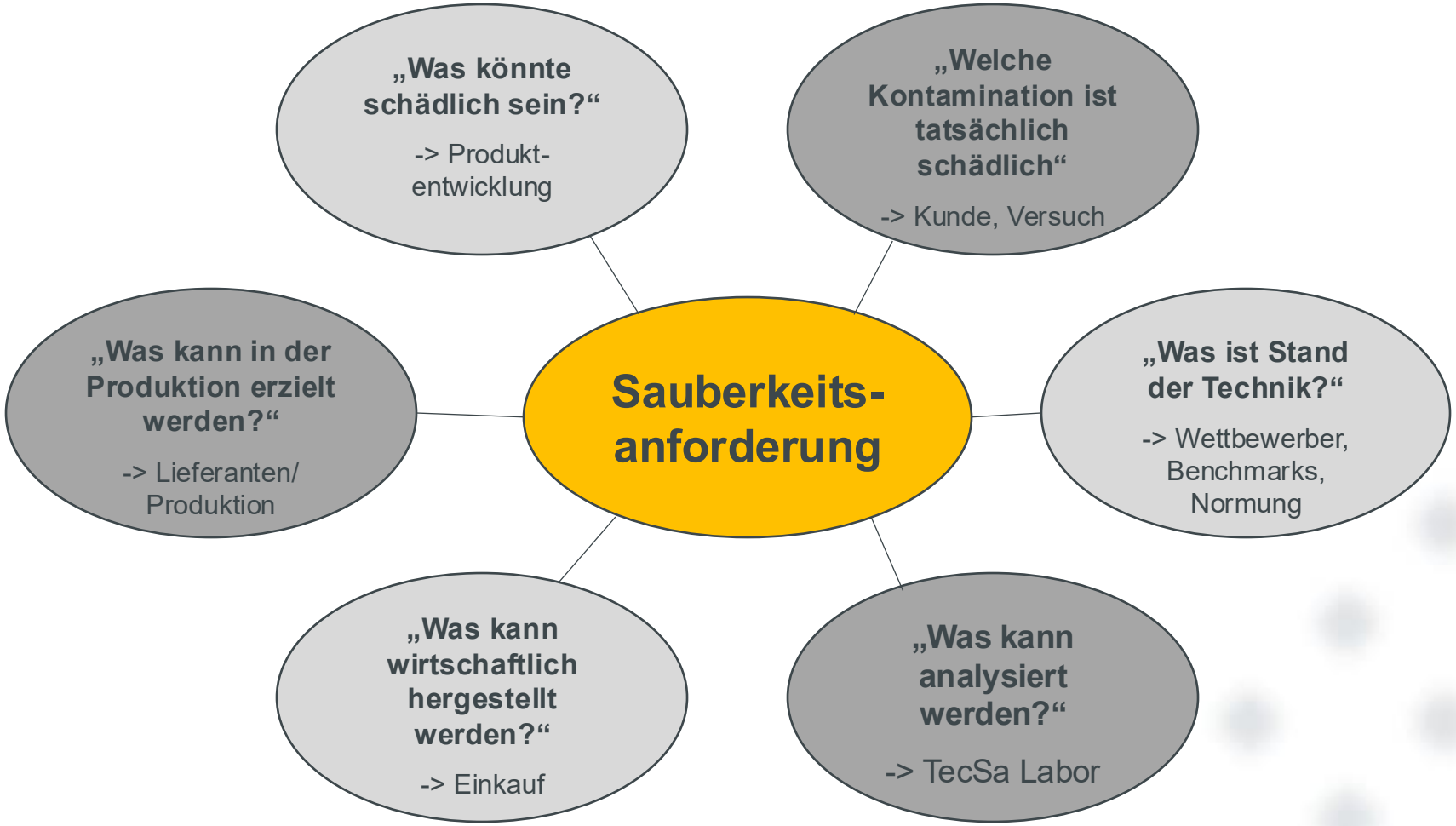
Warum Sauberkeitsanforderungen?

Die Form folgt der Funktion!

Umgang mit Ausreißern?

DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Die Form folgt der Funktion

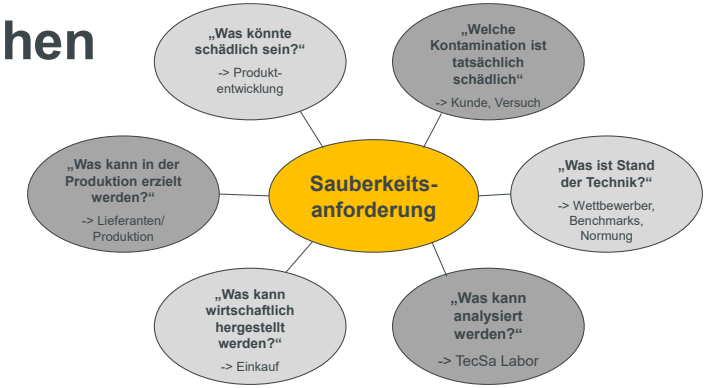


Einzig der richtige Partikel zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort führt zum Ausfall!

DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Die Form folgt der Funktion

Sauberkeitsanforderungen erhöhen den Aufwand in allen Bereichen



Grenzwerte müssen herstellbar sein (technisch machbar und wirtschaftlich vertretbar).

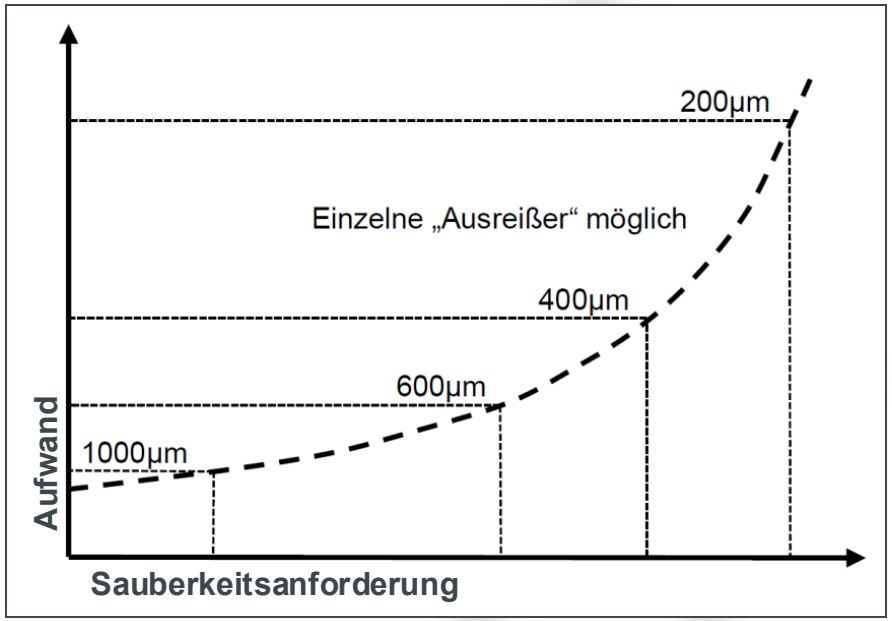
Hohe Sauberkeitsanforderungen verursachen hohe Kosten in der Herstellung und Weiterverarbeitung.

- Materialauswahl oder Oberflächenbeschichtung
- Bearbeitung und Entgratung
- Reinigung
- Logistik
- Produktionsumgebung
- Personal
- Montageeinrichtungen und Prozesse

Grenzwerte sollten sich auf das für die Funktion notwendige Maß beschränken.

➡ ***„So sauber wie nötig, nicht wie möglich!“***

➡ ***„Nur die Bauteile reglementieren die wirklich kritisch sind!“***



Quelle: VDA 19

DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Identifikation von Schädigungsmechanismen

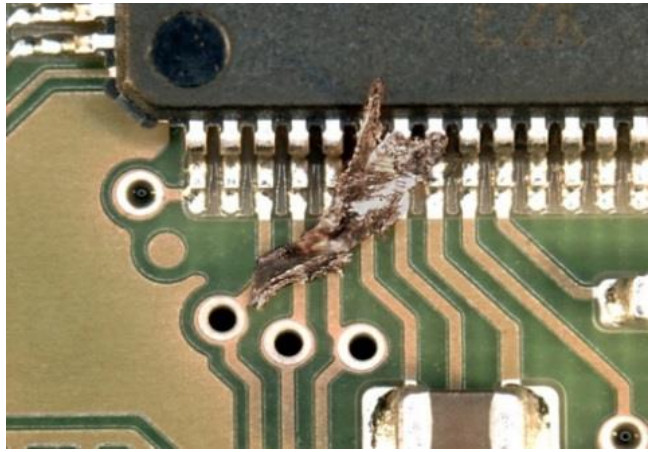
Bewertung der konstruktiven Merkmale

„Was könnte schädlich sein?“

-> Produkt-entwicklung

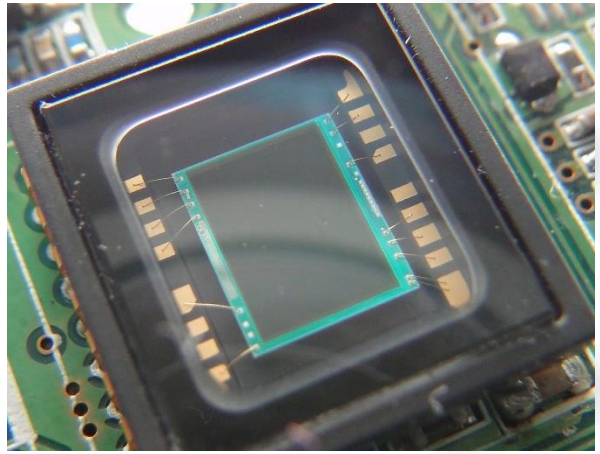
- Ermittlung der für die Funktion kritischen Größen von Partikeln
  - Spaltmaß
  - Optische Beeinträchtigung
  - Leiterbahnabstand
  - Dichtlängen
  - Dicke von Folien
- Zusätzliche zu beachtende Daten:
  - Form der Partikel
  - Art/Material der Partikel

Vorsicht:
Diese Betrachtung führt oft zu sehr stark reglementierten Grenzwerten







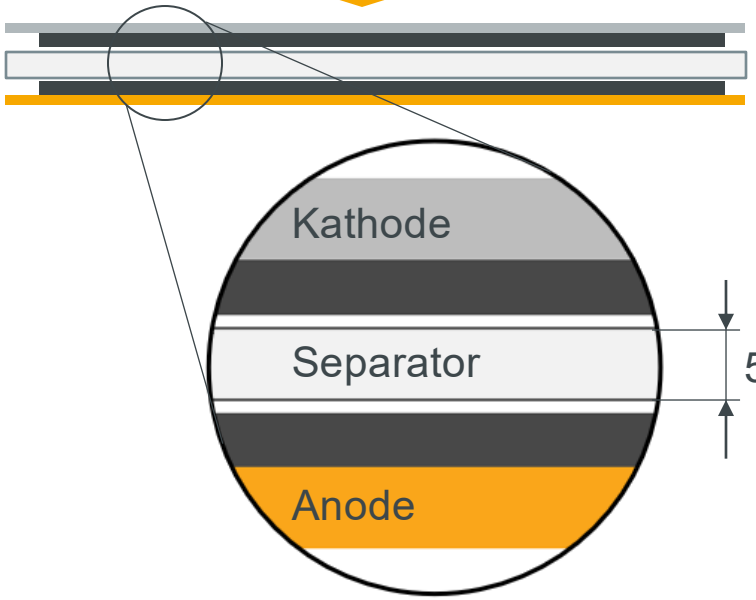


DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Identifikation von Schädigungsmechanismen

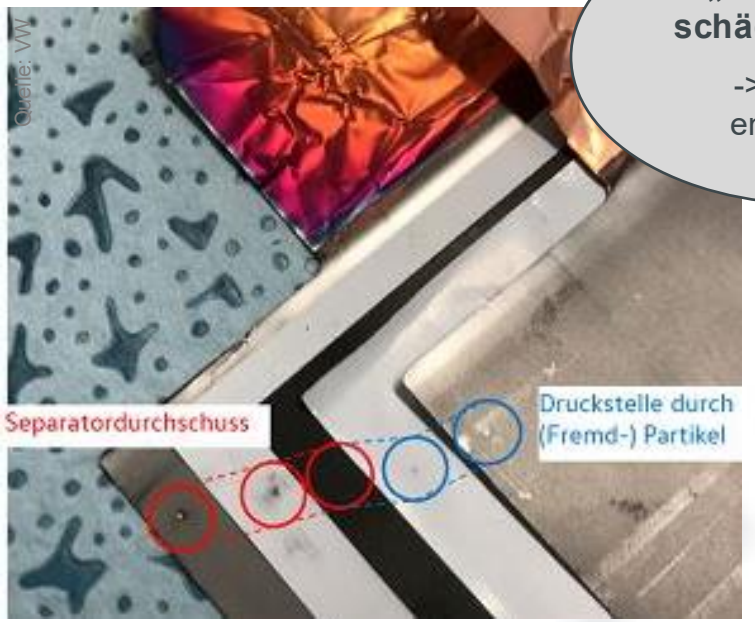
Bewertung der konstruktiven Merkmale - Beispiel

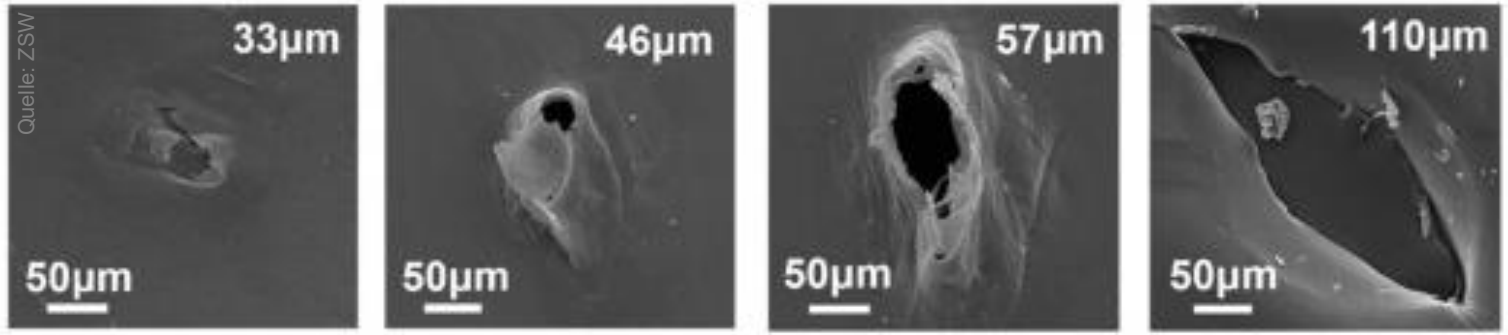




„Was könnte schädlich sein?“

-> Produkt-entwicklung





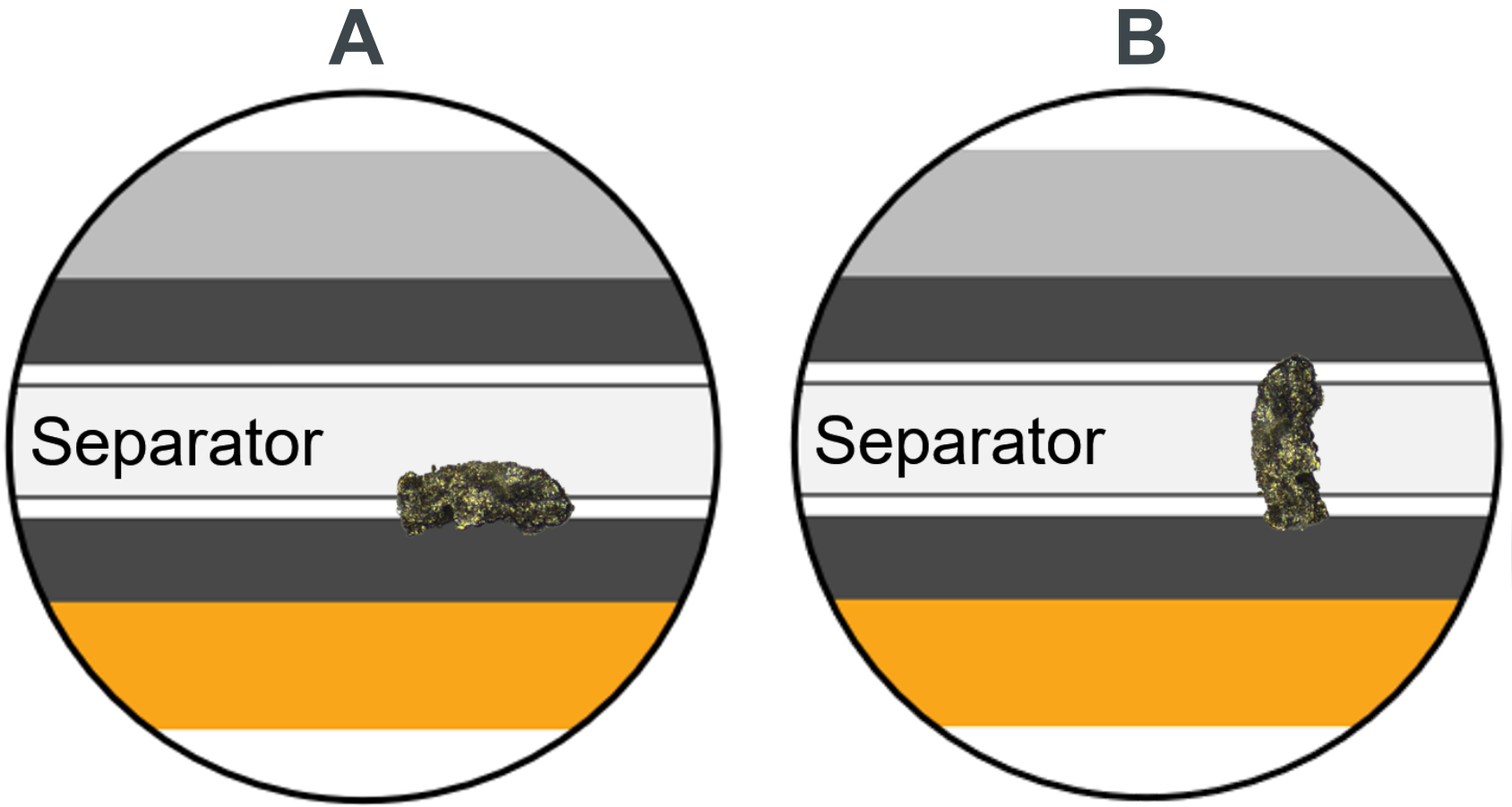
DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Identifikation von Schädigungsmechanismen

Welche Partikelcharakteristik ist für mein Produkt relevant?

„Was könnte schädlich sein?“

-> Produkt-entwicklung



DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Identifikation von Schädigungsmechanismen

Antwort: Es wird sich auf die Oberfläche legen

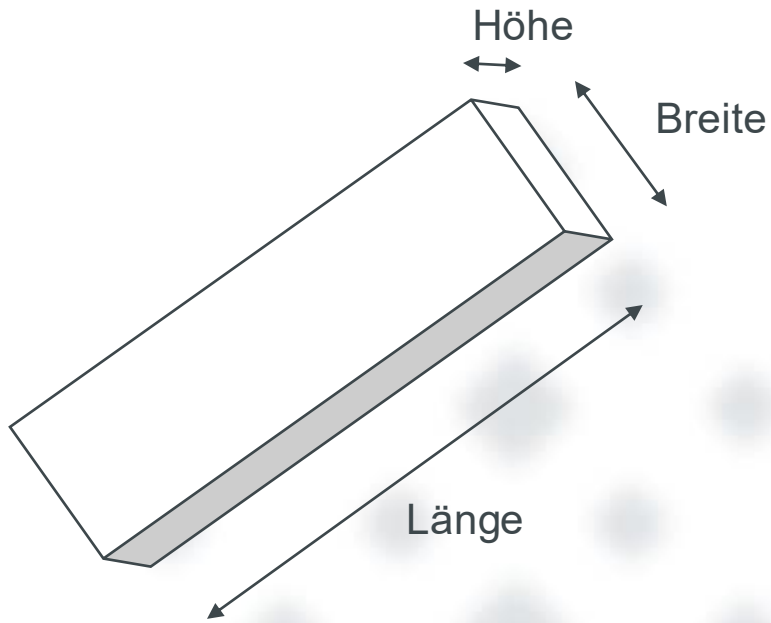


Partikellänge ist daher nicht für die Schädigungs-wirkung relevant!

Eher die Partikelhöhe

„Was könnte schädlich sein?“

-> Produkt-entwicklung

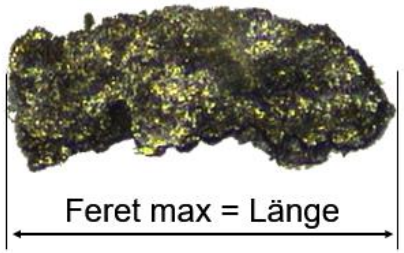


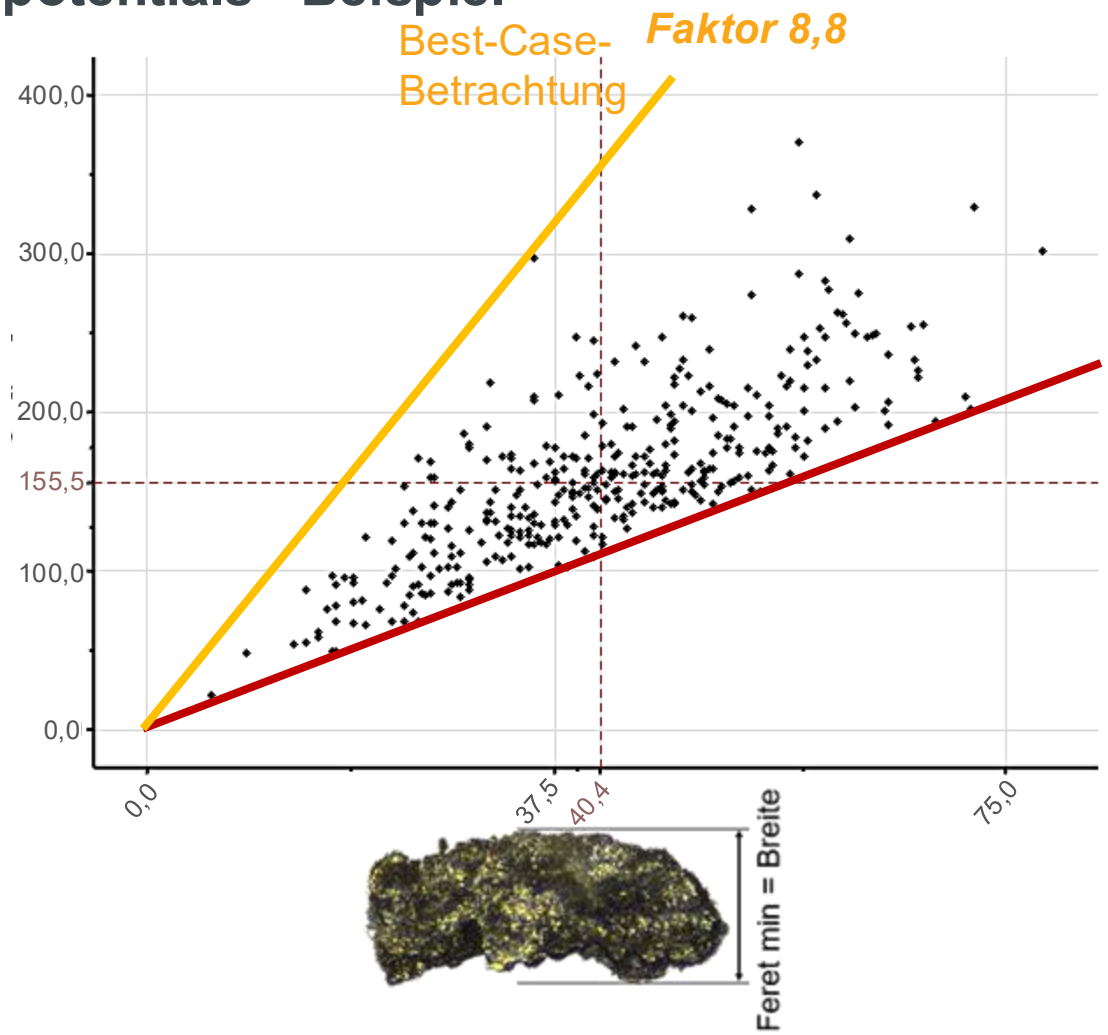
DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Identifikation von Schädigungsmechanismen

Ableitung des Schädigungspotentials - Beispiel

Statistische Auswertung der auf den Produkten vorfindbaren Partikellängen vs. Partikelbreiten





„Was könnte schädlich sein?“

-> Produkt-entwicklung

Faktor 2,8

Worst-Case-Betrachtung

DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Identifikation von Schädigungsmechanismen

Ableitung des Schädigungspotentials - Beispiel

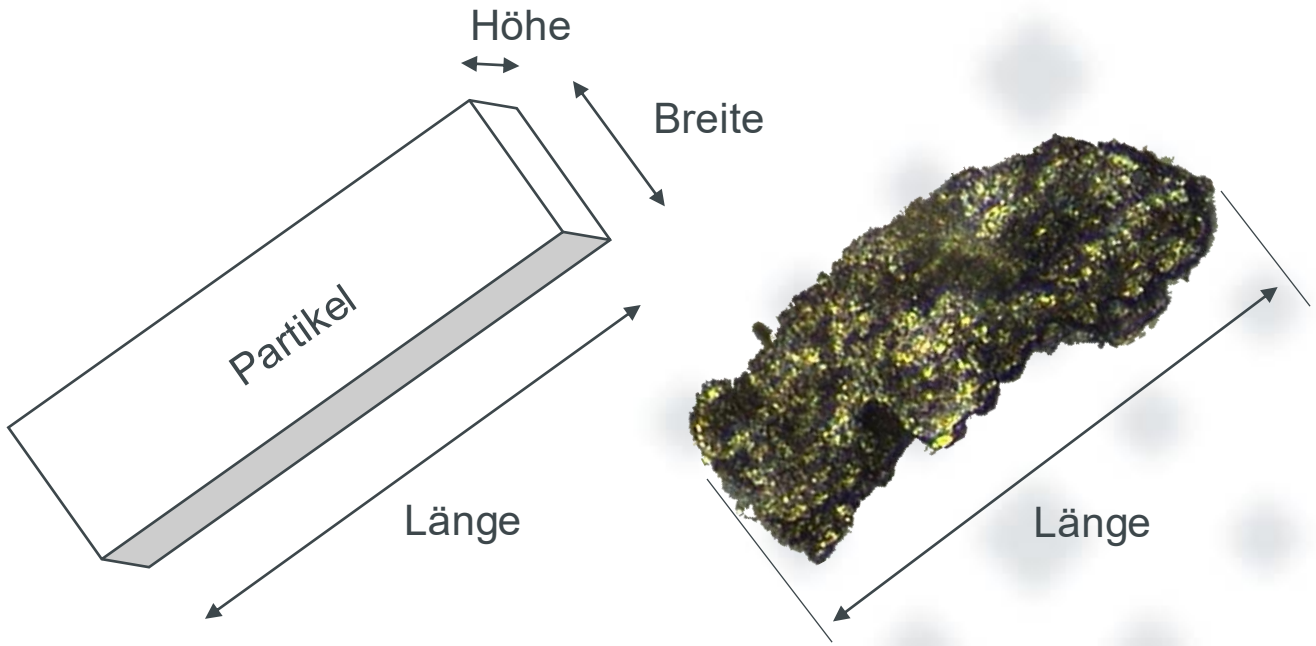
Da es aus der Messtechnik keine ausreichende Datenbasis für die Höhe eines Partikels gibt kann diese (auf Basis von empirischen Versuchen) in einer Worst-Case Betrachtung gleichgesetzt werden!

„Was könnte schädlich sein?“

-> Produkt-entwicklung

Höhe = Breite ***Länge***

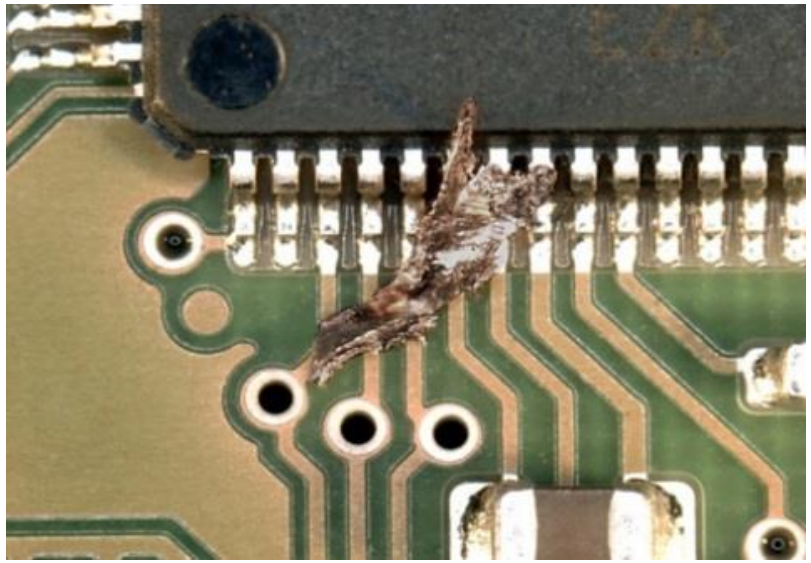
50 µm **Faktor 2,8** 140 µm



DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Identifikation von Schädigungsmechanismen

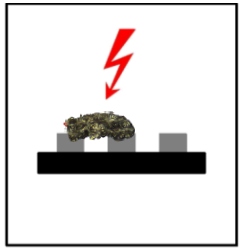
Ableitung des Schädigungspotentials



„Was könnte schädlich sein?“

-> Produkt-entwicklung

Kurzschluss von Leiterbahnen



- **Steuerelektronik**



DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Identifikation von Schädigungsmechanismen

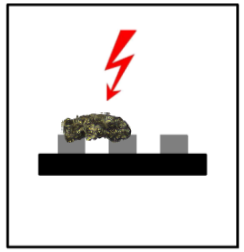
Ableitung des Schädigungspotentials



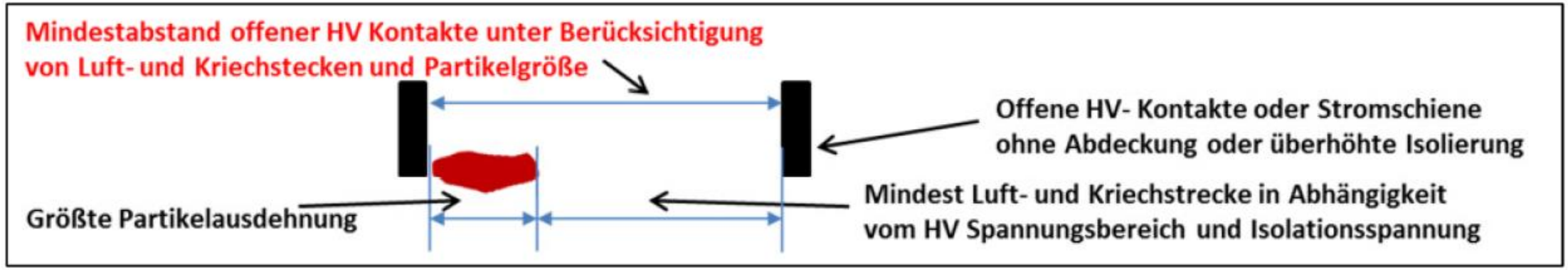
„Was könnte schädlich sein?“

-> Produkt-entwicklung

Verkürzung der elektrischen Isolation



- Leistungselektronik
- Hochvolt-Systeme



DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Welche Kontamination ist tatsächlich schädlich?

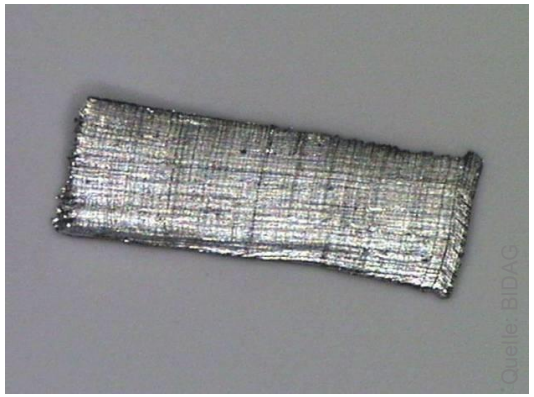
Erfahrungen aus aufgetretenen Funktionsbeeinträchtigungen berücksichtigen

- Felderfahrung
- Prüfstandsversuche
- Dauerlaufuntersuchungen und Rafftests
- Schadpartikelversuche

  System mit Partikeln gezielt beaufschlagen und Wirkung unter Realbedingungen untersuchen

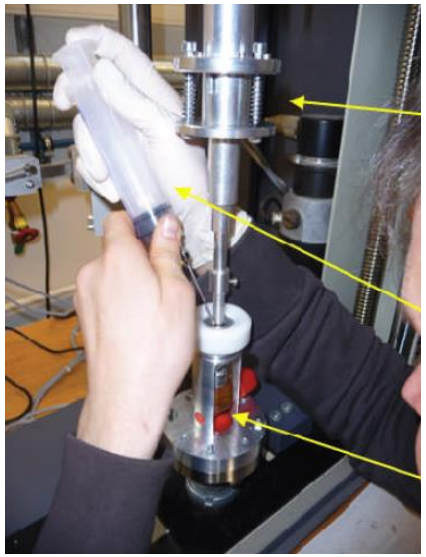
  Ziel der Tests:

  - Identifizierung Partikelgröße / -art / -anzahl
  - Identifizierung vollständigem Ausfall / irreversible Schädigung / Einschränkung der Lebensdauer



„Welche Kontamination ist tatsächlich schädlich“

-> Kunde, Versuch



Schieberoszillation

Spritze mit Referenzpartikel in Öl

Auffangbehälter

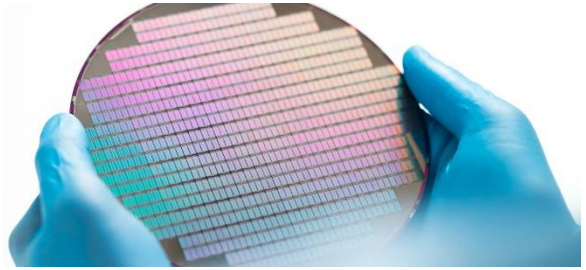


DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Was kann intern und extern erreicht werden?

„Was kann wirtschaftlich hergestellt werden?“

-> Einkauf

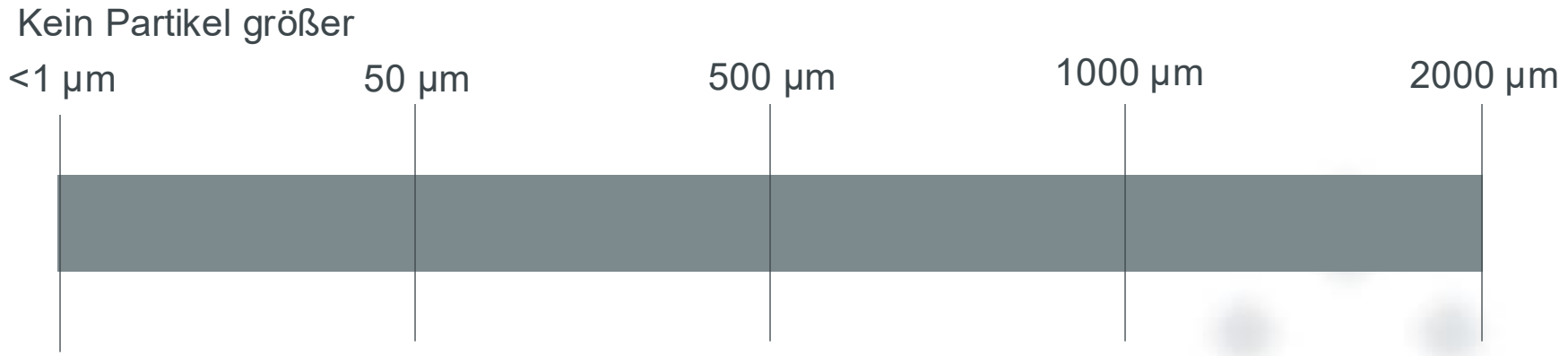


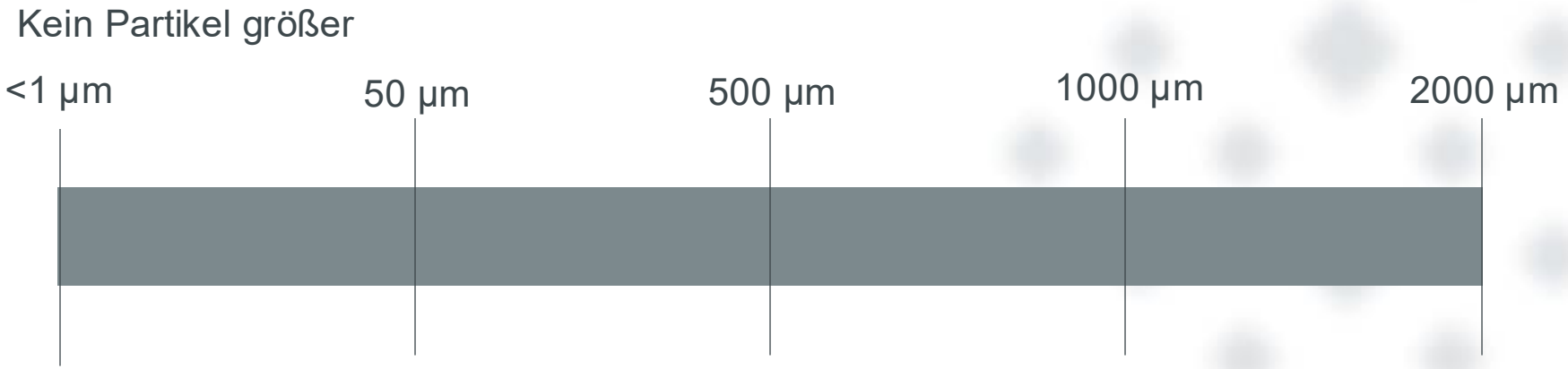
Strukturierte Wafer



Stanz-Biege-Bauteile

Rechtfertigt mein Produkt meine Spezifikation?



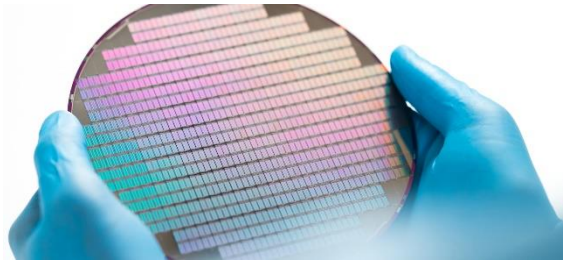


DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Was kann intern und extern erreicht werden?



Stanz-Biege-Bauteile



Strukturierte Wafer

Bearbeitungszeit	***0,4s***	***2 Stunden***
Herstellkosten	***0,05 Cent***	***200-600€***
Umgebung	***unkontrolliert***	***Reinraum***
Verschmutzung	***Kein Partikel >600µm***	***Kein Partikel >1µm***

„Was kann in der Produktion erzielt werden?“

-> Lieferanten/ Produktion

„Was kann wirtschaftlich hergestellt werden?“

-> Einkauf

Die Anforderungen müssen in Einklang mit den gegebenen, wirtschaftlichen Herstellungsverfahren stehen!

DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Möglichkeiten der Analytik

Gemäß VDA 19 Teil 1 bzw. ISO 16232 sind folgende Grenzwertarten möglich:

„Was kann analysiert werden?“

-> TecSa Labor

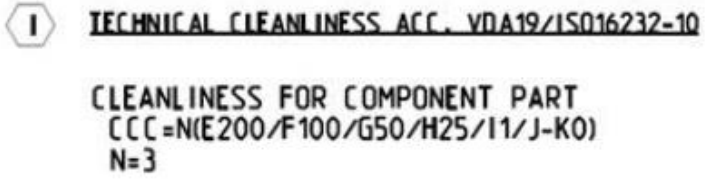
- Gravimetrischer Grenzwert

	Soll *rated value*
Gravimetrie / Bauteil *Gravimetric result / Component*	≤ 1 mg

- Gravimetrischer Grenzwert und Spezifikation des größten Partikels

	Soll *rated value*
Gravimetrie / Bauteil *Gravimetric result / Component*	≤ 1 mg
Größtes metallisch glänzendes Partikel *Largest metallic shining particle*	≤ 400 µm
Größtes nicht glänzendes Partikel [1] *Largest not shining particle* [1]	≤ 1500 µm

- Partikelgrößenverteilung



VDA 19	
Größe x [µm]	Partikelanzahl
5 < x < 15	
15 < x < 25	
25 < x < 50	700
50 < x < 100	220
100 < x < 150	150
150 < x < 200	
200 < x < 400	10
400 < x < 500	2
500 < x < 1000	0

DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Möglichkeiten der Analytik

Gemäß VDA 19 Teil 1 bzw. ISO 16232 sind folgende Grenzwertarten möglich:

„Was kann analysiert werden?“

-> TecSa Labor

- Partikelgrößenverteilung und Partikelmaterial

Zul. Partikelanzahl PERMITTED PARTICLE NUMBER						
				Metallische Partikel	nicht metallische Partikel	
PARTIKELLAENGE Definition nach QV11111 - Kap. 3.3.1 PARTICLE LENGTH definition acc. to. QV11111 - chap. 3.3.1				HARTE PARTIKEL keine Härteklasse nach QV11111 - Kap. 3.4 HARD PARTICLES no hardness class H1 and H2 acc. QS11111 - chap. 3.4	WEICHE PARTIKEL ohne Haerteklasse nach QV11111 - Kap. 3.4 SMOOTH PARTICLES w/o hardness class acc. to QS11111 - chap. 3.4	FASERN Def. nach QV11111 - Kap. 3.2 FIBRES def. acc. to QS11111 - chap. 3.2
				Zul. Partikelanzahl PERMITTED NO.	Zul. Partikelanzahl PERMITTED NO.	Zul. Partikelanzahl PERMITTED NO.
E	50	-	100	k.E.	k.E.	
F	100	-	150	k.E.	k.E.	
G	150	-	200	k.E.	100	
H	200	-	400	10	50	
I	400	-	600	0	10	
J	600	-	1000	0	0	
	>1000			0	0	
Zul. Partikelgesamtmasse [mg]: 2 *Permitted particle weight [mg]: t.b.d.*						

DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Grenzwertarten, Aufwand und Detaillierungsgrad

„Was kann analysiert werden?“

-> TecSa Labor

Analytischer Aufwand

	Soll *rated value*
Gravimetrie / Bauteil *Gravimetric result / Component*	≤ 1 mg

Gravimetrie

Detaillierungsgrad / Aussagekraft

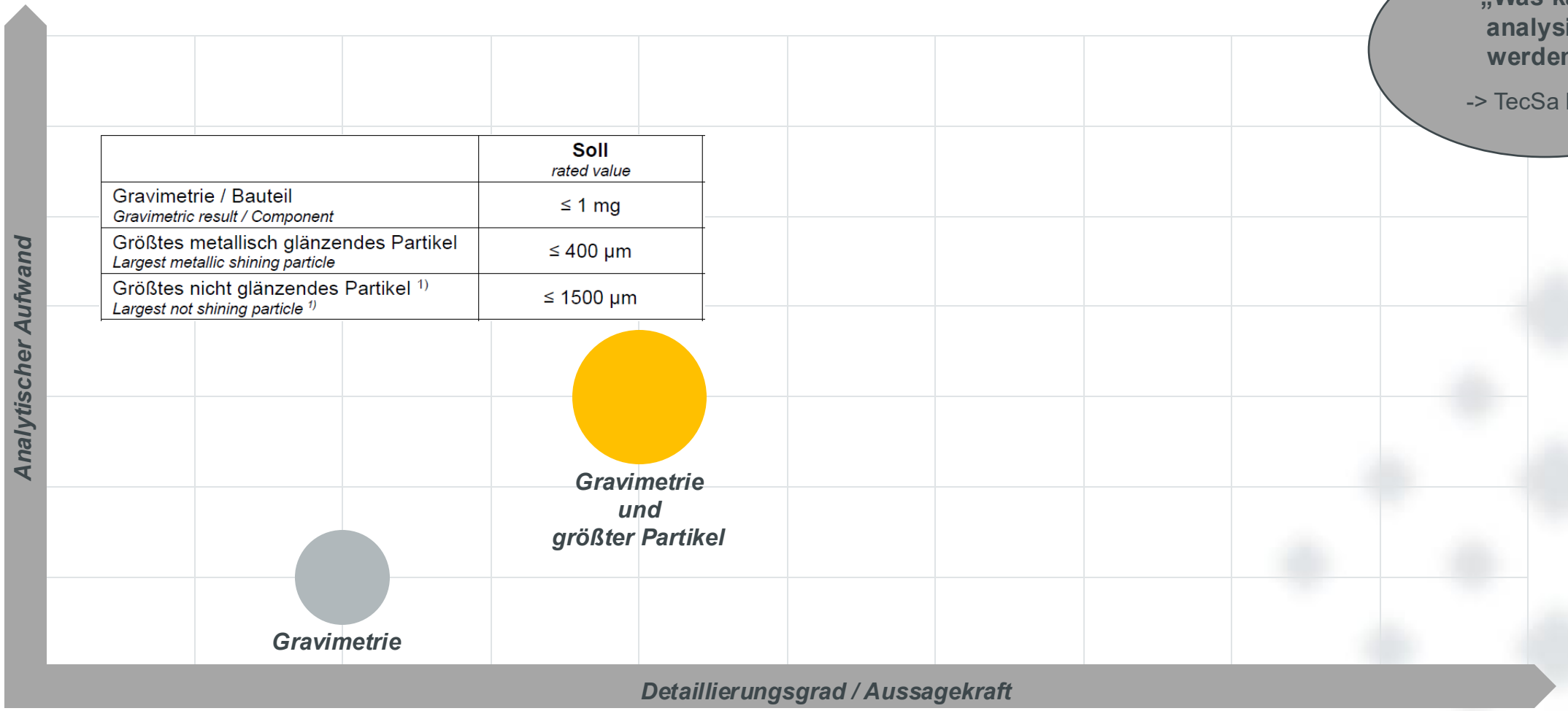
DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Grenzwertarten, Aufwand und Detaillierungsgrad

„Was kann analysiert werden?“

-> TecSa Labor

	Soll *rated value*
Gravimetrie / Bauteil *Gravimetric result / Component*	≤ 1 mg
Größtes metallisch glänzendes Partikel *Largest metallic shining particle*	≤ 400 µm
Größtes nicht glänzendes Partikel [1] *Largest not shining particle* [1]	≤ 1500 µm



DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

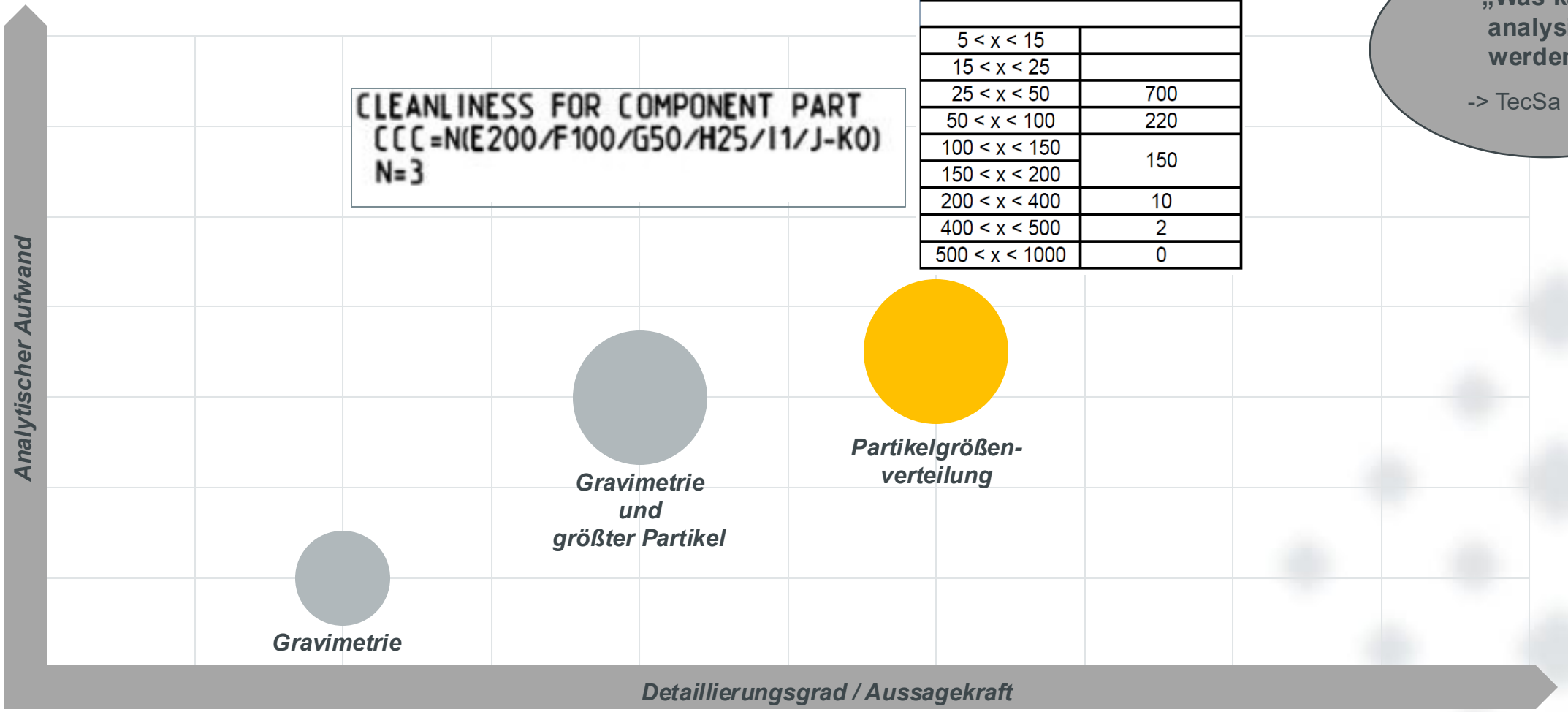
Grenzwertarten, Aufwand und Detaillierungsgrad

CLEANLINESS FOR COMPONENT PART
CCC=N(E200/F100/G50/H25/I1/J-K0)
N=3

VDA 19	
Größe x [µm]	Partikelanzahl
5 < x < 15	
15 < x < 25	
25 < x < 50	700
50 < x < 100	220
100 < x < 150	150
150 < x < 200	
200 < x < 400	10
400 < x < 500	2
500 < x < 1000	0

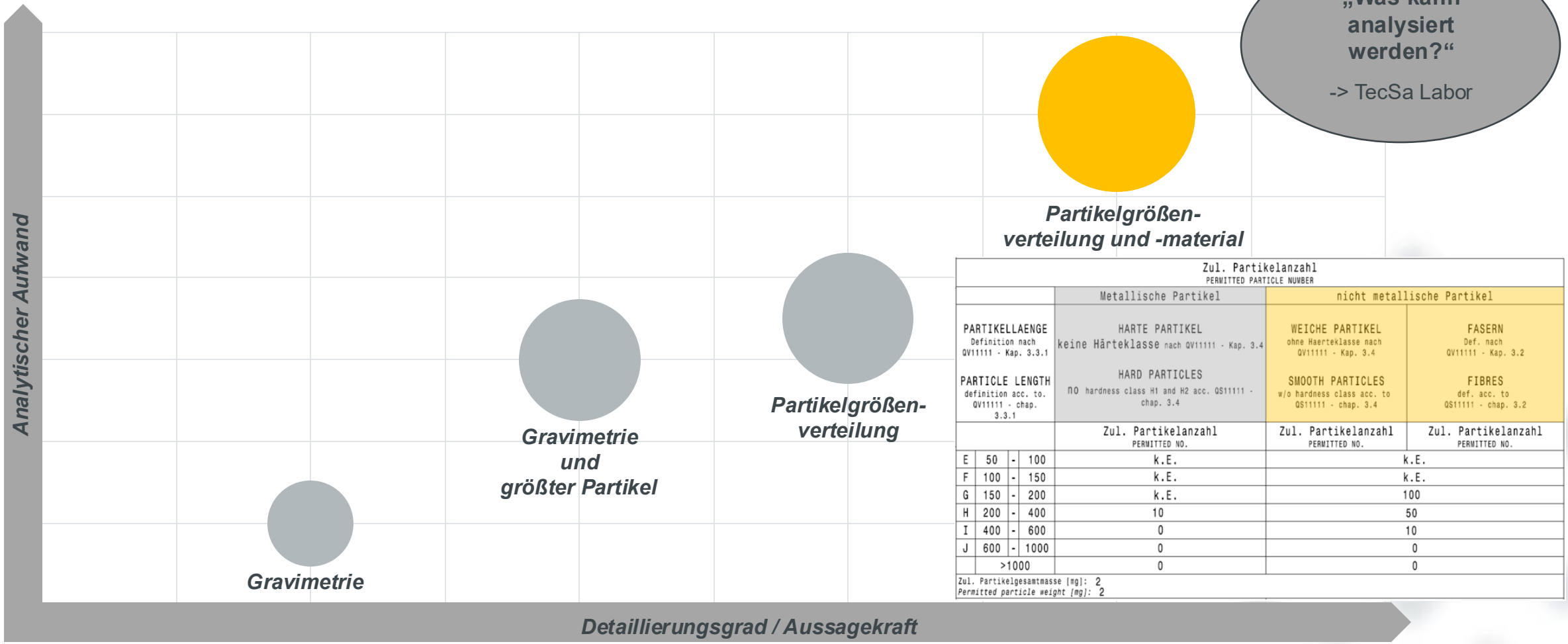
„Was kann analysiert werden?“

-> TecSa Labor



DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Grenzwertarten, Aufwand und Detaillierungsgrad



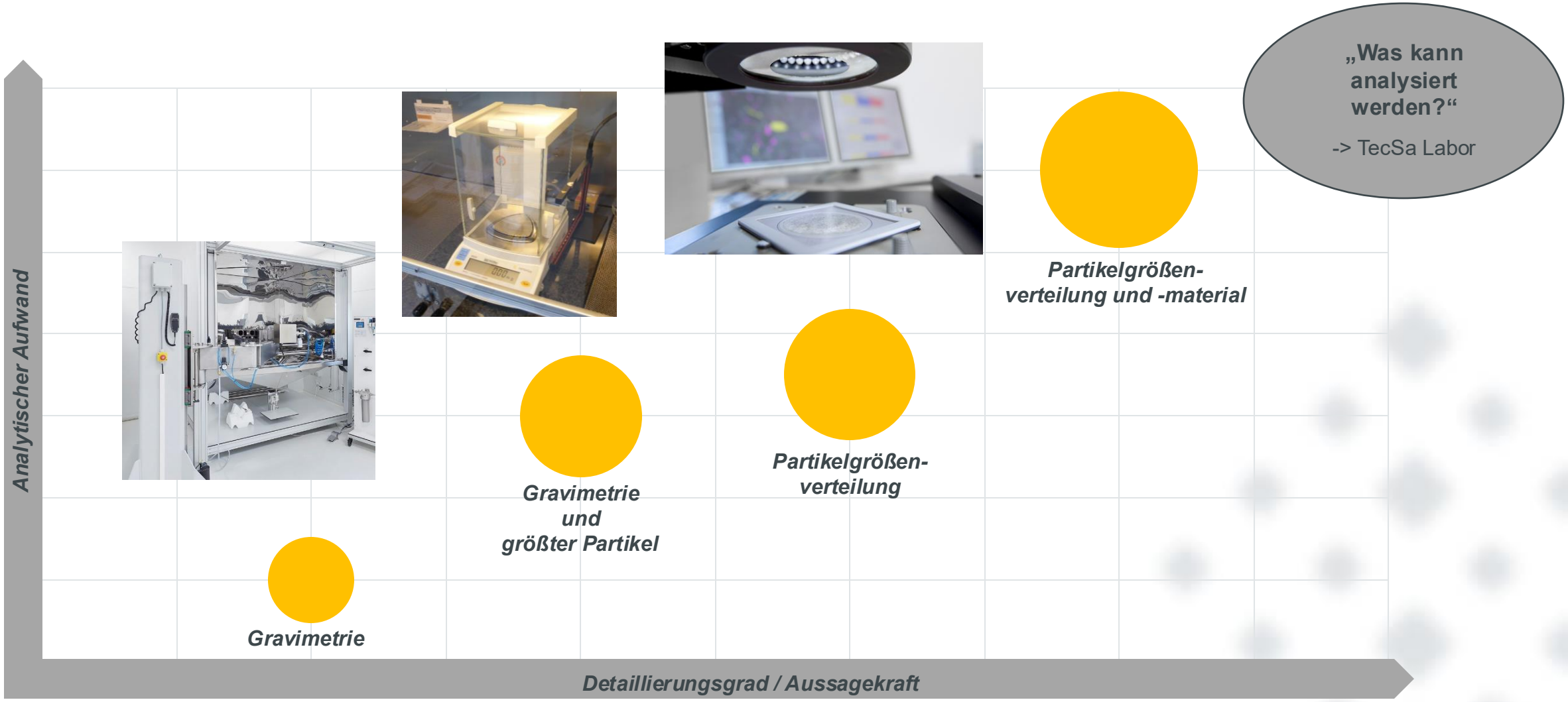
Zul. Partikelanzahl
PERMITTED PARTICLE NUMBER

				Metallische Partikel	nicht metallische Partikel	
PARTIKELLAENGE Definition nach QV11111 - Kap. 3.3.1 PARTICLE LENGTH definition acc. to. QV11111 - chap. 3.3.1				HARTE PARTIKEL keine Härteklasse nach QV11111 - Kap. 3.4 HARD PARTICLES no hardness class H1 and H2 acc. QS11111 - chap. 3.4	WEICHE PARTIKEL ohne Haerteklasse nach QV11111 - Kap. 3.4 SMOOTH PARTICLES w/o hardness class acc. to QS11111 - chap. 3.4	FASERN Def. nach QV11111 - Kap. 3.2 FIBRES def. acc. to QS11111 - chap. 3.2
				Zul. Partikelanzahl PERMITTED NO.	Zul. Partikelanzahl PERMITTED NO.	Zul. Partikelanzahl PERMITTED NO.
E	50	-	100	k.E.	k.E.	
F	100	-	150	k.E.	k.E.	
G	150	-	200	k.E.	100	
H	200	-	400	10	50	
I	400	-	600	0	10	
J	600	-	1000	0	0	
	>1000			0	0	

Zul. Partikelgesamtmasse [mg]: 2
Permitted particle weight [mg]: 2

DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Grenzwertarten, Aufwand und Detaillierungsgrad



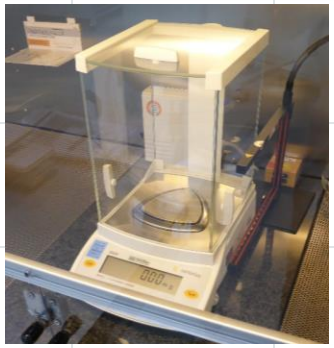
DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

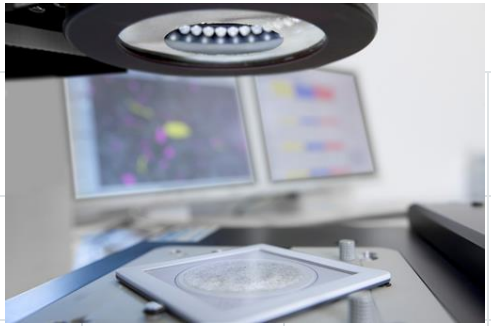
Grenzwertarten, Aufwand und Detaillierungsgrad

„Was kann analysiert werden?“

-> TecSa Labor







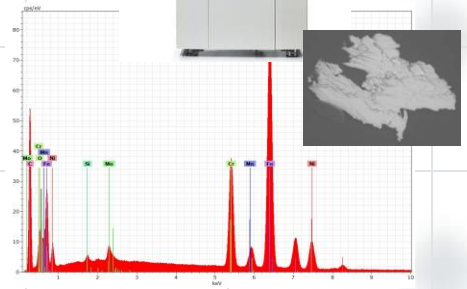
Gravimetrie

Gravimetrie und größter Partikel

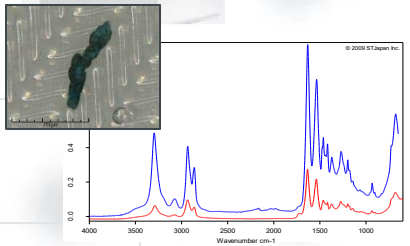
Partikelgrößen-verteilung

Partikelgrößen-verteilung und -material









Analytischer Aufwand

Detaillierungsgrad / Aussagekraft

DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Inhalt

Warum Sauberkeitsanforderungen?

Die Form folgt der Funktion!

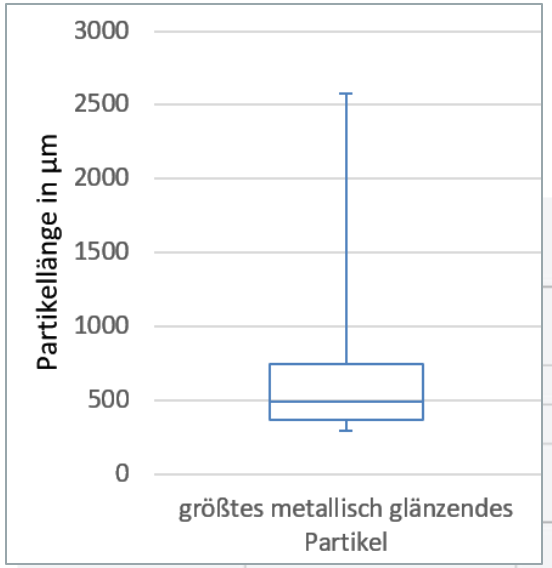
Umgang mit Ausreißern?

DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Technische Sauberkeit vs. Prozessfähigkeit

Sauberkeitsergebnisse weisen oft große Schwankungen auf!

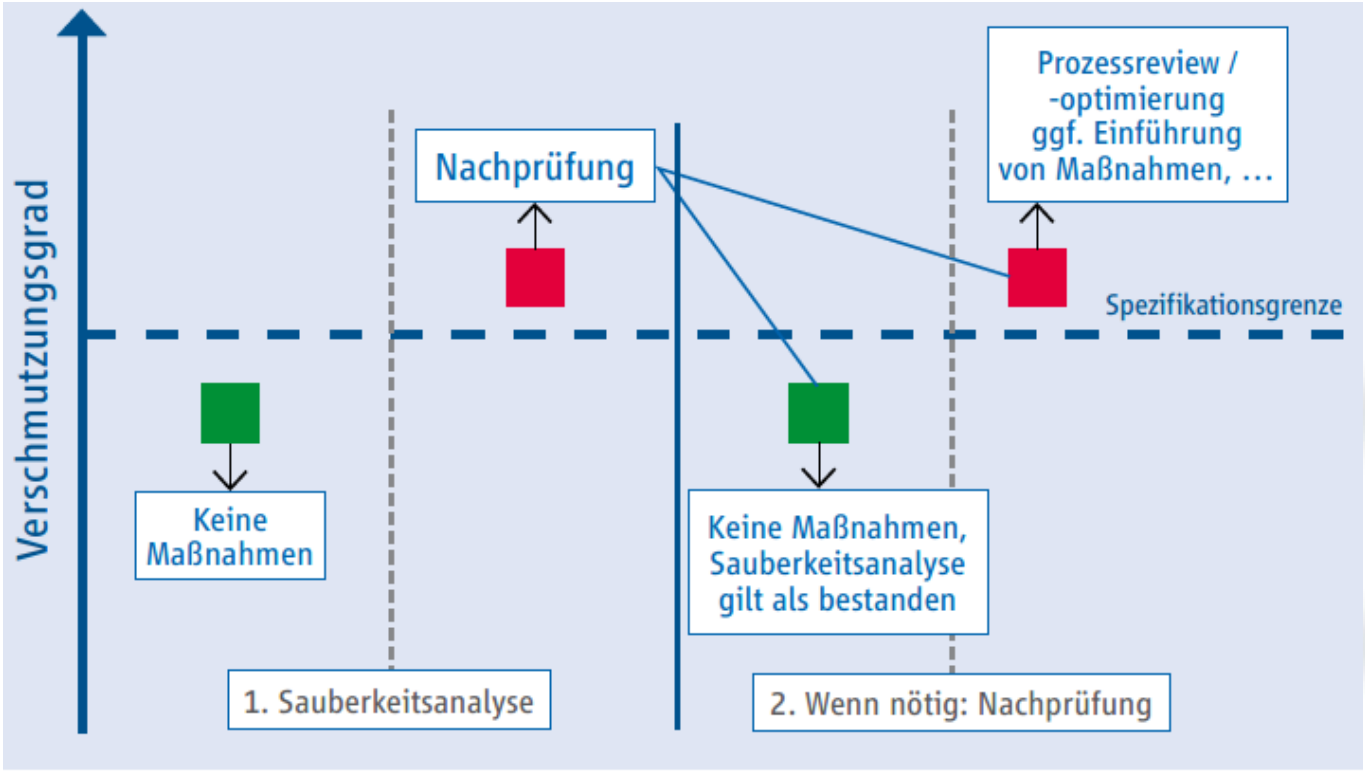




DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Ausreißer-Regel und Eskalationsstrategie

- Da es – aufgrund der hohen Varianz – im Gebiet der Technischen Sauberkeit immer wieder zu Ausreißern vom Grenzwert kommt, ist eine Eskalationsstrategie bei Abweichungen empfehlenswert
- Beispiele von Ausreißer-Regelungen:
  - Wiederholung der Messung an Bauteilen der gleichen Charge
  - Statistische Ansätze
  - Bei wiederholter Abweichung Initiierung von Ursachen-analysen und Optimierungsprojekten

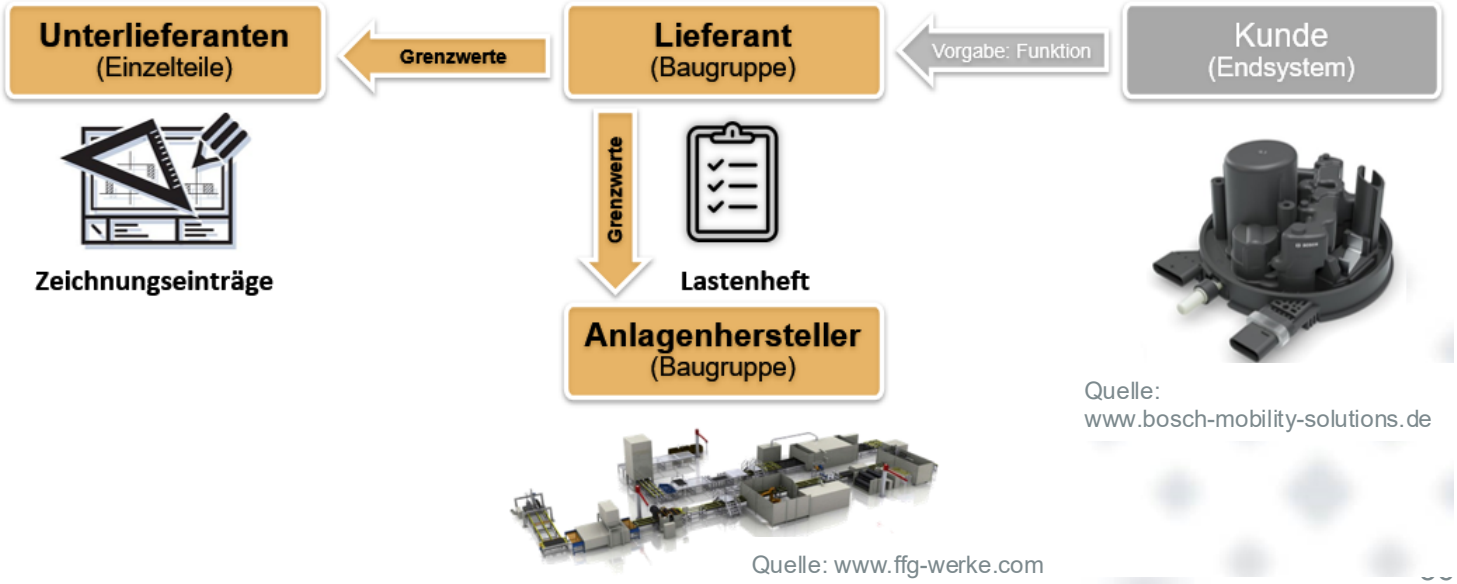


Quelle: ZVEI

DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Grundsätzliche Empfehlungen zur Definition von Grenzwerten

- Grenzwertfestlegung auf Basis der Vorgehensweise:
  „***so sauber wie nötig***“ und nicht „***so sauber wie möglich***“
- Die Möglichkeiten der Produktion aber auch Analytik sollten mitbetrachtet werden!
- Ein Nachweis zur Prozessfähigkeit zu Merkmalen der TecSa über eine Prozessfähigkeitskennzahl cpk kann grundsätzlich nicht geführt werden!
- Wichtig: Erstellung einer Eskalationsstrategie bei Abweichungen vom Grenzwert!



Quelle: www.ffg-werke.com

Quelle: www.bosch-mobility-solutions.de

DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Grundsätzliche Empfehlungen zur Definition von Grenzwerten

PROJEKT

Bauteilreinigung und technische Sauberkeit – Teil 1: Verfahren für die Herleitung und Erstellung einer Sauberkeitsspezifikation

Kurzreferat

Dieses Dokument legt ein Verfahren zur Herleitung und Erstellung einer Sauberkeitsspezifikation für Bauteile entlang der Prozesskette. Dieses Dokument wurde für metallische Bauteile entwickelt; das beschriebene Verfahren ist jedoch auch auf Bauteile anderer Werkstoffe und Baugruppen anwendbar. Dieses Dokument richtet sich insbesondere an Planer, Qualitätsverantwortliche und Produktionsverantwortliche in industriellen Produktionsprozessen metallischer Bauteile. Dieses Dokument erläutert die Herleitung von Grenzwerten, legt jedoch keine Grenzwerte für einzelne Verunreinigungen oder Verunreinigungsklassen innerhalb oder am Ende der Prozesskette fest.

Beginn

2025-02-03

Geplante Dokumentnummer

DIN 4878-1

Projektnummer

06236603

Zuständiges nationales Arbeitsgremium

NA 062-01-81 AA - Bauteilreinigung und Sauberkeit von metallischen Komponenten im Herstellungsprozess >

IHR KONTAKT

Steffen Jenkel

Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6
10787 Berlin

Zum Kontaktformular >

DEFINITION UND UMGANG VON/MIT SAUBERKEITSGRENZWERTEN

Grundsätzliche Empfehlungen zur Definition von Grenzwerten





FRAGEN



Haben Sie Fragen zu dem Vortrag?

Chat



E-Mail

seminar@cleancontrolling.de

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



TECHNISCHE SAUBERKEIT

CleanControlling®

Leander Gihr
Consulting

CleanControlling GmbH
Gehrenstr. 11a
D-78576 Emmingen-Liptingen

Phone +49 74 65 / 92 96 78-21
Fax +49 74 65 / 92 96 78-10

l.gihr@cleancontrolling.de
www.cleancontrolling.de